

INFRASTRUKTUR

KAJIAN KINERJA *SHORT-CUT* SUNGAI MADIUN DALAM PENURUNAN PROFIL MUKA AIR BANJIR

Studying The Effects of Madiun River Short-cut in Decreasing The Flood Water Surface Level

Hanugerah Purwadi

Dinas SDA Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Email : hanung@yahoo.com

ABSTRACT

The Madiun River is located in the province of East Java. Its upstream section started in Kabupaten Ponorogo and its downstream section ends in Kabupaten Ngawi, where is confluence with The Bengawan Solo River. Its span about 72 km with meandering stream and 2,294 km² wide catchment area. Before 1990, the Madiun River regularly floods causes inundation in the around of Madiun city. Therefore it is very important to have mitigation measures such as development of dike, short-cut, etc. The objective of this research is to measure the effects of short-cut in decreasing the flood water surface level through the simulation program using HEC-RAS version 3.1. By entering several design flow in the existing and short-cut condition we can find the function of short-cut in decreasing of flooding. The simulation results show that short-cut can decrease the maksimum water level 12,91 % until 22,33 % with several flows.

Keywords: flow, short-cut, decreasing water level

ABSTRAK

Sungai Madiun terletak di Provinsi Jawa Timur. Bagian hulu dimulai dari Kabupaten Ponorogo dan bagian hilir di Kabupaten Ngawi, bermuara di Sungai Bengawan Solo. Sungai Madiun memiliki panjang kurang lebih 72 km dengan konfigurasi alur berkelok-kelok, dimana memiliki luas DAS 2294 km². Sebelum tahun 1990, di Sungai Madiun secara teratur terjadi banjir yang menyebabkan genangan di sekitar Kota Madiun. Oleh karena itu, dirasa sangat penting upaya pengendalian berupa pembangunan tanggul dan pelurusan alur (*short-cut*), dll. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkirakan pengaruh pelurusan alur terhadap penurunan muka air banjir dengan melakukan simulasi menggunakan Program HEC-RAS. Dengan melakukan beberapam kali simulasi pada beberapa kondisi, dapat diketahui kinerja pelurusan alur terhadap penurunan muka air banjir. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pelurusan alur Sungai Madiun dapat menurunkan muka air banjir dengan kisaran 12.91 % sampai 22.33 % untuk beberapa kala ulang banjir.

Kata Kunci : aliran, pelurusan alur, penurunan muka air

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Sungai Madiun terletak di Propinsi Jawa Timur bagian barat, dimana bagian hulu terletak di Kabupaten Ponorogo dan bagian hilir terletak di Kabupaten Ngawi bertemu dengan Sungai Bengawan Solo. Sungai Madiun merupakan bagian dari Sub Daerah Pengaliran Sungai Bengawan Solo dengan panjang alur Sungai Madiun sekitar 72 km dan mempunyai catchment area 2.294 km² dengan alur sungai berbentuk meandering.

Sungai Madiun seperti pada umumnya sungai yang lain mempunyai peranan yang besar bagi kehidupan manusia antara lain untuk penyediaan air minum, irigasi, industri dan sebagainya. Karena sebagai saluran pembuangan alami maka sungai berfungsi mengalirkan air hujan ke laut atau danau dan tidak jarang bahwa debit air yang mengalir

melebihi kapasitas palung sungainya sehingga menyebabkan banjir yang sangat merugikan. Untuk mengatasi bencana banjir yang terjadi khususnya pada daerah pemukiman maka diperlukan klasifikasi daerah banjir menurut lokasinya, disamping itu perlu usaha-usaha pengendalian teknis seperti pembuatan tanggul banjir, short-cut, perbaikan tebing dan lain-lain.

Seperti halnya sungai-sungai di Indonesia lainnya, sungai Madiun sering terjadi banjir dan banyak mendatangkan kerugian. Menurut data dari Proyek Bengawan Solo (PBS) penyebab banjir yang dominan adalah sebagai berikut :

- Kapasitas sungai tidak mampu menampung beban banjir.
- Kurangnya penutupan vegetasi pada daerah hulu.
- Adanya meander pada alur sungai Madiun.

b. Tinjauan pustaka

Model hidrodinamik HEC-RAS adalah paket model penelusuran hidraulik 1-D (*one dimensional hydrodynamic model*) yang dikembangkan oleh USACE-HEC dengan menerapkan teknik numerik untuk simulasi aliran di sungai baik aliran permanen maupun aliran tidak permanen. Pada dasarnya terdapat dua persamaan utama yang digunakan oleh HEC-RAS khususnya untuk aliran tidak permanen yakni konservasi massa dan momentum.

1). Konservasi Massa

Konservasi massa menyatakan sifat dan prinsip kontinuitas massa yakni laju bersih aliran yang masuk ke dalam suatu kontrol volume sama dengan laju perubahan tampungan di dalam kontrol volume tersebut. Persamaan differensial kontinuitas massa menurut Saint-Venant adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (1)$$

dengan q_l adalah inflow lateral per satuan lebar.

2). Konservasi Momentum

Persamaan momentum pada aliran saluran terbuka dapat dijelaskan berdasarkan prinsip Hukum Newton II yang menyatakan bahwa laju bersih momentum yang masuk (*momentum flux*) ditambah dengan jumlah semua gaya-gaya luar yang bekerja pada suatu kontrol volume sama dengan laju akumulasi momentum di dalam kontrol volume tersebut dan dapat ditulis sebagai :

$$\sum F_x = \frac{d\bar{M}}{dt} \quad (2)$$

Persamaan Konservasi momentum adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + g A \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

a. Deskripsi Daerah Penelitian

Sungai Madiun merupakan anak sungai dari Bengawan Solo dimana pertemuan tersebut ada di Kabupaten Ngawi. Dengan alur sungai yang berbentuk meander maka sungai Madiun sering sekali menimbulkan banjir terutama di kawasan pemukiman khususnya di wilayah Kabupaten / Kota Madiun. Untuk mengatasi masalah banjir tersebut

maka dibangun short cut yang dilaksanakan pada tahun 1993 oleh Proyek bengawan Solo. Short cut sepanjang kurang lebih 3,90 km tersebut memotong alur sungai berbentuk meander sepanjang kurang lebih 9,80 km. Dengan adanya pemotongan / pelurusan aliran tersebut akan menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan air menuju hilir karena jarak aliran menjadi lebih pendek

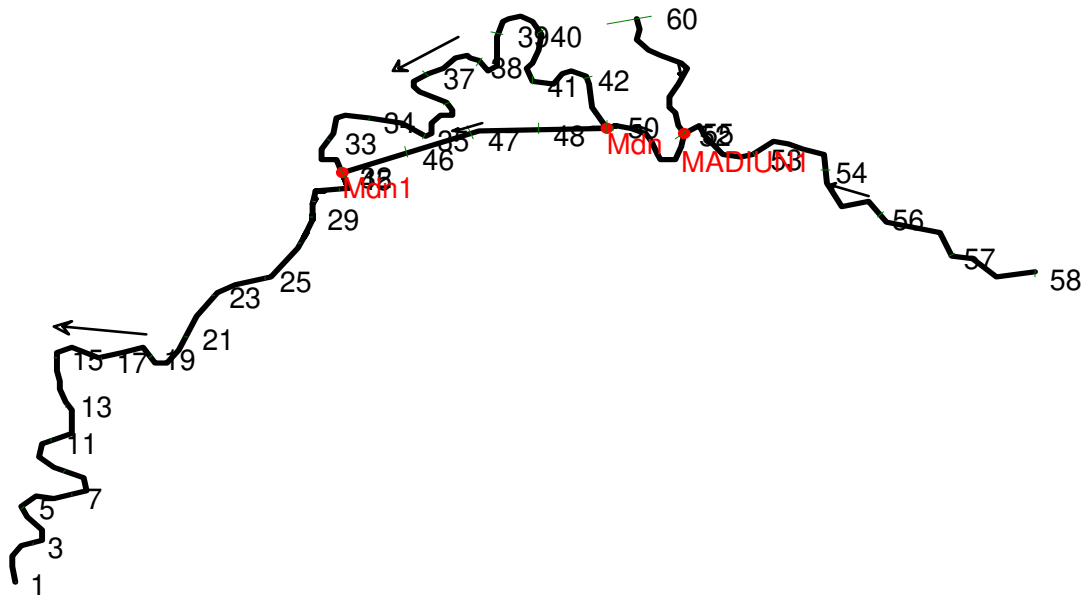
b. Tahap Pengumpulan Data

Beberapa data yang digunakan untuk penelitian antara lain :

1). Data Geometri Sungai.

Data tersebut meliputi data potongan melintang dan memanjang sungai. Potongan melintang diperlukan untuk merepresentasikan lokasi pada sungai dimana terjadi perubahan bentuk penampang, sedangkan potongan memanjang diperlukan untuk mengetahui perubahan kemiringan dasar.

Pada geometri sungai, jumlah cross section yang diinput pada model berjumlah tiga puluh dua potongan melintang berdasarkan jumlah pengukuran sepanjang 39,5 km (km 15,50 sampai dengan km 53,10). Pemberian nama pada seluruh cross section dilakukan dengan angka (numerik), pada program HEC RAS ini angka 01 untuk cross section pada bagian hilir dimana menunjukkan km 15,50 pada ruas sungai yang sebenarnya dan angka 58 untuk potongan melintang pada bagian hulu menunjukkan km 53,10 pada ruas sungai yang sebenarnya. Angka 32 terletak pada km 32 sedangkan angka 50 terletak pada km 44. Cross section 01 sampai dengan 32 merupakan ruas sungai pada bagian hilir dimana pada cross section tersebut sama untuk kondisi sebelum adanya short-cut maupun kondisi setelah adanya short-cut. Sedangkan cross section 33 sampai dengan 42 mewakili alur yang bermeander (sebelum adanya short-cut), cross section 45 sampai dengan 49 mewakili short-cut, dimana kedua alur tersebut bertemu pada cross section 50. Selanjutnya cross section 51 sampai dengan 58 merupakan ruas sungai pada bagian hulu dan sama untuk kondisi sebelum adanya short-cut maupun setelah adanya short-cut seperti terlihat pada Gambar 1.



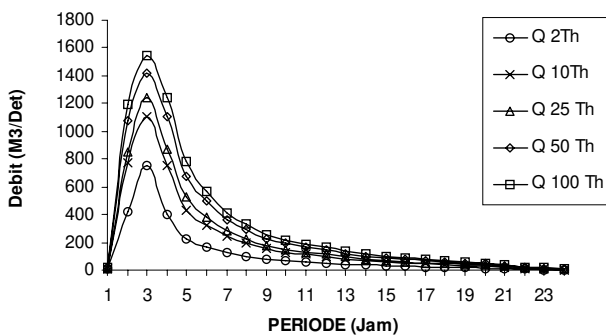
Gambar 1. Skema Geometrik Sungai Madiun

Rating Curve Sungai Madiun RS 01

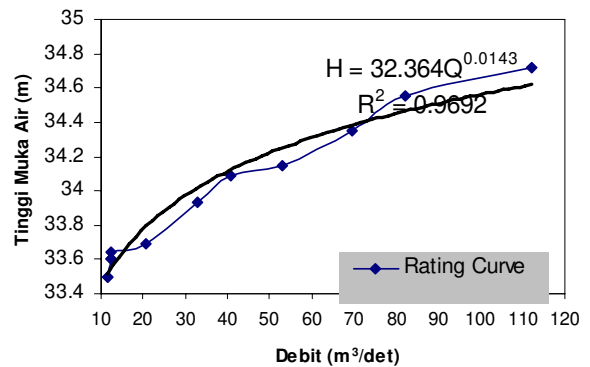
2). Syarat batas hulu dan hilir.

Untuk syarat batas, hidrograf banjir rancangan sungai Madiun ditetapkan dengan kala ulang 2, 10, 25, 50, 100 tahun. Penetapan hidrograf ini digunakan sebagai syarat batas hulu pada model simulasi, sedangkan pada hilir digunakan rating curve sebagai syarat batas hilir

GRAFIK DEBIT RANCANGAN SUNGAI MADIUN



Gambar 2. Debit Rancangan Sungai Madiun

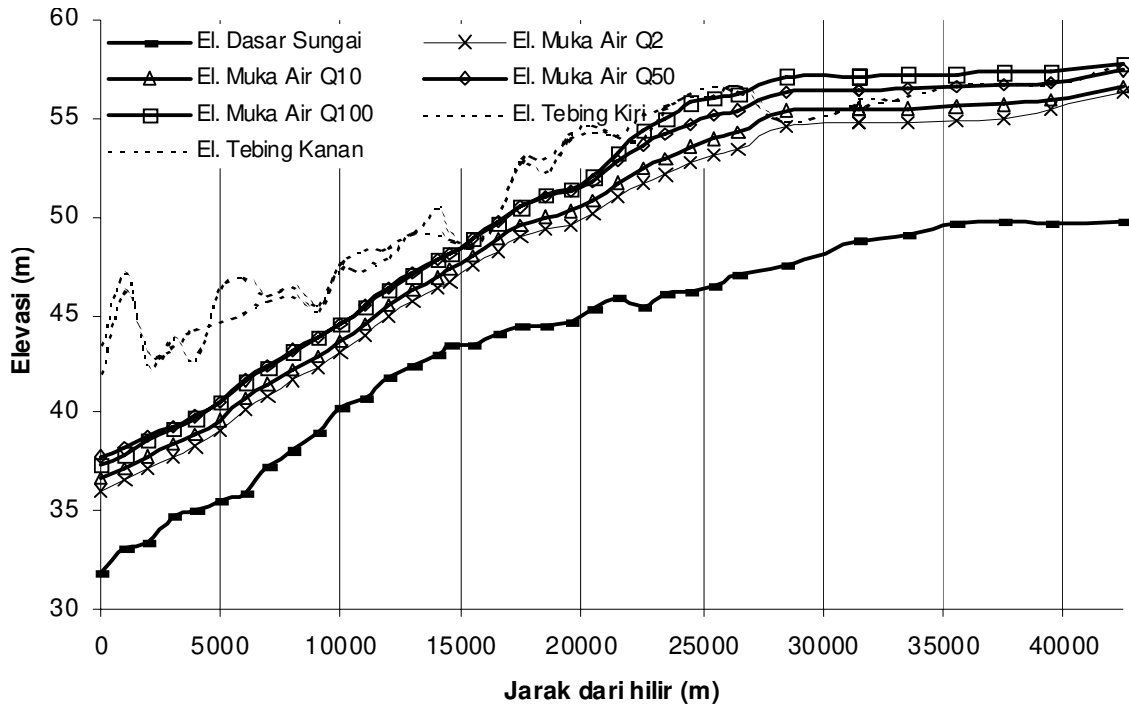


Gambar 3. Rating Curve Kondisi Batas Hilir.

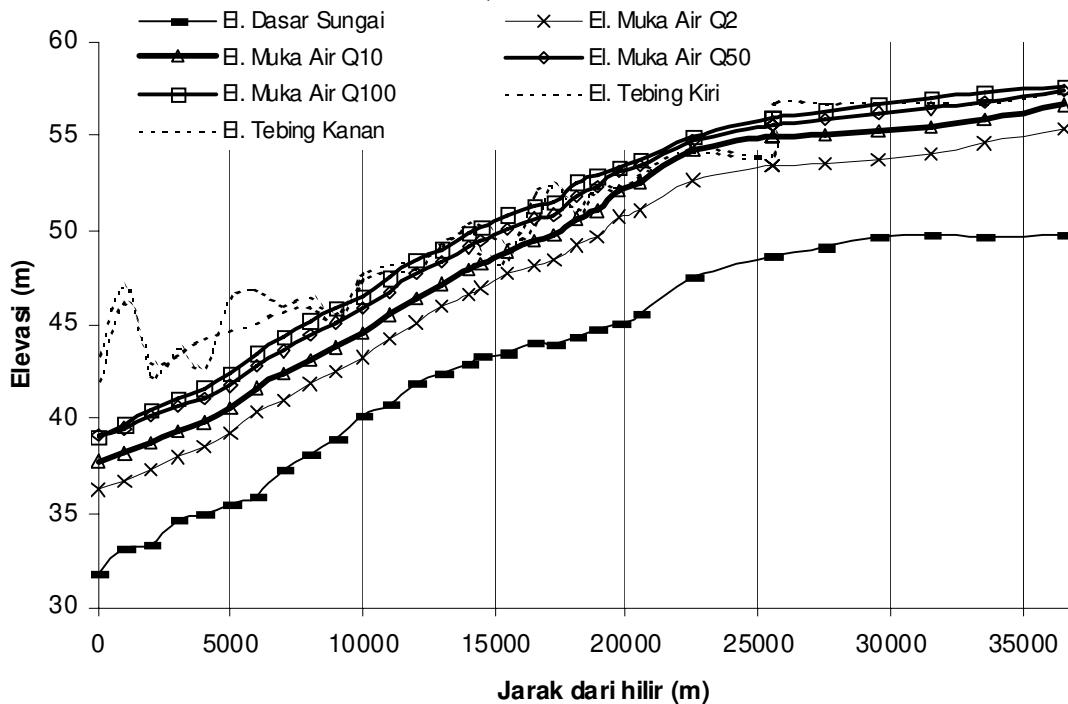
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Profil Muka Air

Berdasarkan hasil simulasi hidraulik pada ruas sungai Madiun akan diperoleh elevasi muka air tiap jam pada setiap cross section selama waktu simulasi. Elevasi yang dijadikan parameter untuk menentukan kondisi banjir atau tidak pada suatu penampang lintang adalah elevasi muka air maksimum dimana profil muka air tersebut merupakan hasil dari simulasi. Sehingga elevasi muka air maksimum menjadi parameter untuk menentukan kondisi banjir atau tidak banjir.



Gambar 4. Elevasi muka air maksimum untuk kondisi sebelum adanya short-cut dengan kala ulang 2, 10, 50, 100 tahun



Gambar 5. Elevasi muka air maksimum untuk kondisi setelah adanya short-cut dengan kala ulang 2, 10, 50, 100 tahun

Dari Gambar 4 dan 5 yaitu untuk kondisi sebelum adanya short-cut dan setelah adanya short-cut dengan debit kala ulang 2 tahun diperoleh hasil bahwa pada cross section bagian hulu sebelum ruas yang bermeander (pada titik kontrol 53 sampai dengan 58) tidak terjadi luapan. Debit puncak hidrograf untuk kala ulang 2 tahun (Q2) adalah

sebesar 757 m³/det. Untuk kala ulang 10 tahun dengan debit puncak 1110 m³/det memberikan hasil bahwa kapasitas tampang sungai masih dapat mengalirkan debit dengan kala ulang 10 tahun. Pada kondisi sebelum adanya short-cut memberikan hasil yang sama dengan hasil simulasi dengan kala ulang 2 tahun, dimana pada kondisi ini tidak terjadi

overtopping pada bagian hulu (titik kontrol 53 sampai dengan 58).

Simulasi banjir untuk kala ulang 50 tahun dengan debit puncak 1419 m³/det memberikan hasil terjadi peningkatan elevasi muka air di bagian sebelah hulu. Setelah dilakukan short-cut terjadi penurunan elevasi muka air maksimum jika dibandingkan dengan kondisi sebelum adanya short cut. Untuk kala ulang 100 tahun dengan debit puncak sebesar 1550 m³/det, dimana pada kondisi sebelum adanya short-cut maupun kondisi setelah short-cut terjadi peningkatan elevasi muka air maksimum. Muka air maksimum melewati overbank sehingga terjadi luapan muka air pada bagian hulu.

b. Analisis Kinerja Short-Cut

Pada prinsipnya short-cut diterapkan dengan maksud untuk mengurangi akumulasi air disebelah hulu yang menyebabkan genangan selama terjadi banjir. Dengan adanya short-cut menyebabkan ruas sungai akan menjadi lebih pendek, dengan demikian jarak tempuh aliran juga akan menjadi lebih pendek. Hal ini mengakibatkan aliran akan menjadi lebih cepat sampai di hilir akibatnya sungai di bagian hilir akan menanggung volume aliran air yang lebih besar dalam waktu yang lebih cepat daripada sebelumnya. Sebaliknya pada sebelah hulu short-cut volume aliran akan menjadi kecil.

Prosentase penurunan elevasi muka air setelah diadakan short-cut dapat dilihat pada Tabel 1.

c. Analisis Penyebab Banjir

Berdasarkan simulasi hidraulik yang dilakukan dapat dilihat bahwa aliran banjir yang tidak tertampung oleh alur dan bantaran banjir adalah pada bagian hulu (titik 53 sampai dengan 58) untuk simulasi 100 tahun. Sedangkan untuk simulasi 2 tahun, 10 tahun, dan 50 tahun banjir yang ada masih dapat ditampung oleh palung sungai maupun tanggul yang sudah ada. Apabila terjadi banjir maka secara hidraulik penanganan yang harus dilakukan adalah melindungi daerah yang terkena banjir akibat luapan yang terjadi. Pada hakekatnya dengan melihat kapasitas tampang Sungai Madiun dapat disimpulkan bahwa kapasitas tampang sungai masih dapat melewatkan beban aliran dengan kala ulang 10, 20, 50.

Sungai Madiun memiliki karakteristik morfologi yang berbelok-belok (meandering) sepanjang ruas simulasi. Sudut bagian dalam belokan bervariasi mulai dari belokan (bagian dalam) ringan sampai dengan sudut belokan yang lebih tajam. Peristiwa pembendungan akan menimbulkan terjadinya peningkatan elevasi muka air. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa kondisi meander Sungai Madiun merupakan salah satu faktor penyebab banjir.

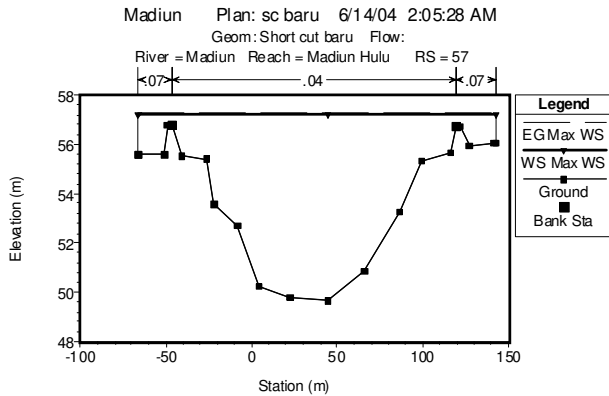
Dari data yang ada pada Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Madiun (2000) disebutkan bahwa DAS Madiun pada bagian hulu terutama di Kabupaten Ponorogo banyak terjadi perusakan hutan, eksploitasi Galian C, mutasi lahan yang tidak terkontrol dan lain-lain. Hal serupa juga terjadi di DAS Madiun bagian hilir yakni dengan bertambahnya kawasan pemukiman, perubahan lahan menjadi lahan pertanian dan lain lain, semua itu memberikan andil yang sangat besar terhadap terjadinya banjir di Madiun

Tabel 1. Prosentase Penurunan Elevasi Muka Air Bagian Hulu

River Station	Kala ulang 2 Tahun		% Penu Penu Penu			Kala ulang 50 Tahun		% Penu Penu Penu			Kala ulang 100 Tahun		% Penu Penu	
	El. Muka air		runan	runan	runan	El. Muka air		runan	runan	El. Muka air		runan	runan	
	Sebelum Short-cut	Setelah Short-cut				Sebelum Short-cut	Setelah Short-cut			Sebelum Short-cut	Setelah Short-cut			
	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)	(meter)		
50	54.60	52.61	0.99	12.91	13.67	56.33	54.74	1.59	17.95	57.10	54.95	2.15	22.33	
51	54.73	53.37	0.58	8.63	8.86	56.46	55.60	0.86	11.11	57.18	56.06	1.12	13.24	
52	54.73	53.37	0.55	8.62	8.73	56.46	55.60	0.86	10.97	57.18	56.06	1.12	13.08	
53	54.78	53.53	0.25	7.60	7.70	56.53	55.95	0.58	7.88	57.22	56.36	0.86	10.68	
54	54.84	53.76	0.20	0.32	0.63	56.61	56.20	0.41	0.72	57.26	56.67	0.59	1.03	
56	54.96	54.08	0.16	0.16	0.32	56.69	56.43	0.26	0.46	57.31	56.93	0.38	0.66	
57	55.48	54.59	0.04	0.16	0.09	56.86	56.75	0.11	0.19	57.37	57.25	0.12	0.21	
58	56.35	55.38	0.01	0.01	0.00	57.40	57.40	0.02	0.00	57.73	57.64	0.09	0.16	

d. Analisis Alternatif Penanggulangan Banjir

Dengan melihat kinerja short-cut Sungai Madiun setelah simulasi ternyata didapatkan hasil bahwa untuk kala ulang 100 tahun terjadi luapan pada bagian hulu (pada titik 53 sampai dengan 58).



Gambar 6. Cross Section 57 (hulu) untuk kala ulang 100 tahun

Dari hasil simulasi dengan debit rancangan untuk kala ulang 100 tahun seperti terlihat dalam cross section diatas ternyata tanggul yang ada belum dapat mengatasi permasalahan banjir yang ada. Peninggian tanggul sebesar 0,3 sampai dengan 1,0 meter merupakan alternatif yang dapat dilakukan jika untuk mencegah luapan sehingga kawasan kota akan terbebas dari bahaya banjir dengan berbagai debit rancangan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian penelitian dari simulasi hidraulik dan analisis yang dilakukan terhadap adanya short cut sungai Madiun dalam rangka penurunan muka air banjir dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Dari titik kontrol 53 sampai dengan 58 diketahui bahwa keberadaan short cut dapat menurunkan elevasi muka air maksimum sebesar 12,91 % untuk kala ulang 2 tahun (757 m³/det), 13,67 % untuk kala ulang 10 tahun (1110 m³/det), 17,95 % untuk kala ulang 50 tahun (1419 m³/det) dan 22,33 % untuk kala ulang 100 tahun (1550 m³/det).
- Pada titik kontrol 53 sampai dengan 58 (kota Madiun) diketahui keberadaan short-cut dapat menampung debit dengan kala ulang 2 tahun, 10 tahun dan 50 tahun.
- Dengan adanya tanggul pengendali banjir di kota Madiun maka kawasan kota bebas dari bahaya

banjir hal ini dapat diketahui dari hasil simulasi dengan kala ulang 2, 10, dan 50 tahun

DAFTAR PUSTAKA

- Djoko Luknanto, 2003, Applied Computational Hydraulics, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Jansen, P.P., Berg, V.B., Vries M.D., and Zanen, A., 1979, Principle of River Engineering : The Non-Tidal Alluvial River. Pitman Press, London.
- Maryono A 2002, Eko-Hidraulik pembangunan sungai, Program Magister Sistem Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Mudjiatko, 2000, Pengaruh Meander Sungai Terhadap Perubahan Konfigurasi Dasar dan Seleksi Butiran Sedimen. Tesis S2 UGM, Yogyakarta.
- Proyek Bengawan Solo 1990, Madiun River Urgent Flood Control Project.
- Soewarno, 1991, Hidrologi, Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai Hidrometri, Nova, Bandung.
- Sri Harto Br. 2000. Hidrologi. Teori. Masalah. Penyelesaian, Nafiri, Yogyakarta.
- Sudjarwadi dan M. Fuad Bustami Zen 2002, Suatu Peta Pikiran Tentang Banjir, Seminar Nasional Permasalahan Banjir di Indonesia.
- Sunarno 2002, Penyebab Banjir dan Penanggulangannya, Seminar Peran Model Matematika dalam Mitigasi Bencana Alam.
- Suyono Sosrodarsono. Masateru Tominaga. 1984. Perbaikan dan pengaturan sungai. Pradnya Paramita. Jakarta.
- USACE, 2002, HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. USACE-HEC, Davis C.A., Washington.
- USACE, 2002,. HEC-RAS River Analysis System User's Manual. USACE-HEC, Davis C.A., Washington.
- Ven Te Chow. E.V. Nensi Rosalima, 1989, Hidraulika saluran terbuka, terjemahan, Erlangga, Jakarta
- Yang. C.T. 1996. Sediment transport, theory and practice, The Mc Graw – Hill Companies, Inc.